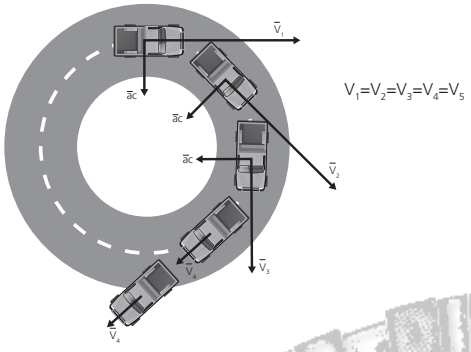
Aulas 07 e 08 – Movimentos Circulares

Movimento circular uniforme

Movimento de trajetória circular em que a velocidade escalar, linear ou angular tem módulo constante e diferente de zero.

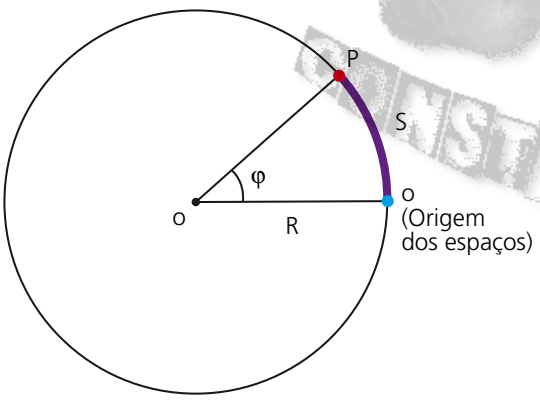


Velocidade escalar angular

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \text{constante } (\neq 0)$$

$\Delta\varphi$ – variação do espaço angular.

Relação entre as velocidades escalares médias angular e linear



φ: espaço angular (rad)
ω: velocidade angular (rad/s)
γ: aceleração angular (rad/s²)

$$s = \varphi R;\ v = \omega R;\ a = \alpha R;\ a_{CP} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Quando falamos em ângulo horário, podemos considerar que:

$$\varphi = \frac{s}{R} \Rightarrow s = \varphi \cdot R$$

Porém, quando **R** se torna constante, podemos considerar que:

$$\Delta s = \Delta\varphi \cdot R$$

Dividindo os dois membros da equação por Δt, temos:

$$V = \omega \cdot r$$

Relação entre período e frequência

Período T

É o menor intervalo de tempo para um fenômeno periódico se repetir. Unidades: s, min, h etc.

Frequência f num fenômeno periódico

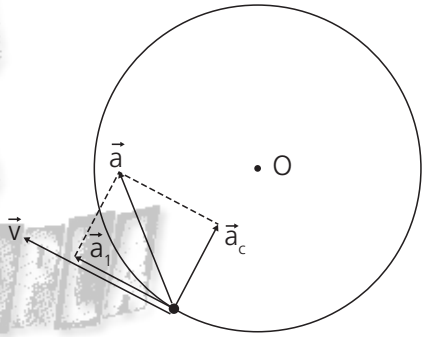
É o número de vezes que o fenômeno se repete na unidade de tempo. Unidades: hertz (ciclos/s), rpm (rot./min) etc.

Relações:

$$\boxed{f = \frac{1}{T}} \text{ ou } \boxed{T = \frac{1}{f}}$$

Movimento circular uniformemente variado

Movimento que apresenta o módulo da velocidade de certa partícula variando e, portanto, o tempo de cada volta na circunferência é variável.



Aceleração angular

$$\boxed{\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \text{constante } (\neq 0)}$$

Função horária angular

$$\boxed{\varphi = \varphi_o + \omega_o t + \frac{\alpha t^2}{2}}$$

Função velocidade angular

$$\boxed{\omega = \omega_o + \alpha t}$$

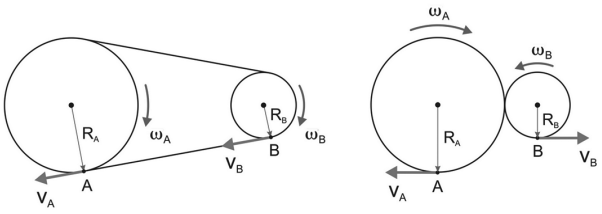
Equação de Torricelli

$$\omega^2 = \omega_o^2 + 2\alpha\Delta\varphi$$

Acoplamento de polias

Por correia e por contato

Considerando que não haja escorregamento entre a correia e as polias, temos que:



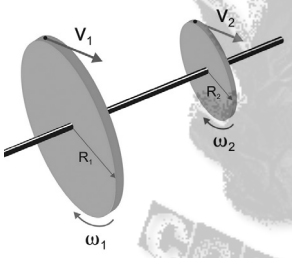
Disponível em: https://osfundamentosdafísica.blogspot.com.

Os módulos das velocidades escalares lineares em qualquer ponto da correia são iguais!

$$V_A = V_B$$
$$\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B \text{ v}$$
$$\boxed{f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B}$$

Por eixo

Polias acopladas por um mesmo eixo têm a mesma velocidade angular, portanto:



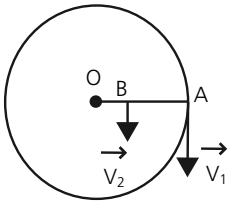
Disponível em: https://osfundamentosdafísica.blogspot.com.

$$\omega_A = \omega_B$$
$$f_A = f_B$$
$$T_A = T_B$$

Exercícios de Fixação

1. (EsPCEx) A figura a seguir representa uma polia que gira em tomo de seu eixo no ponto O com movimento de rotação uniforme. O módulo da velocidade linear do ponto A é V_1 = 50 cm/s, e a do ponto B é V_2 = 10 cm/s. Sabendo que a distância AB é 40 cm, o valor da velocidade angular da polia em rad /s é

a) 1.
b) 2.
c) 5.
d) 10.
e) 50.



2. (EsPCEx) A figura a seguir representa uma associação das engrenagens I, II e III, de raios iguais a 4 cm, 48 cm e 12 cm, respectivamente, que giram em torno de eixos fixos.

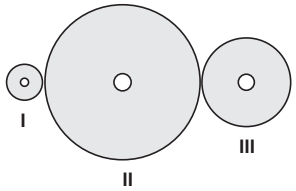


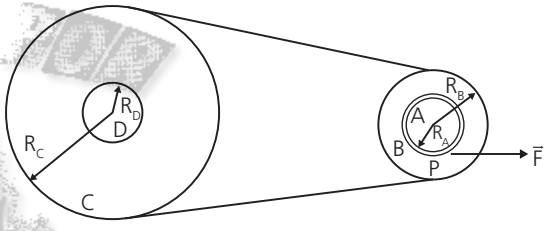
Figura fora de escala

Se a engrenagem III girar com velocidade angular de 5π rad/s, a frequência de rotação da engrenagem I valerá

a) 2,5 Hz.
b) 5,0 Hz.
c) 7,5 Hz.
d) 10,0 Hz.
e) 12,5 Hz.

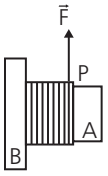
3. A figura 1 a seguir apresenta um sistema formado por dois pares de polias coaxiais, AB e CD, acoplados por meio de uma correia ideal e inextensível e que não desliza sobre as polias C e B, tendo respectivamente raios R_A = 1 m, R_B = 2 m, R_C = 10 m e R_D = 0,5 m.

Figura 1



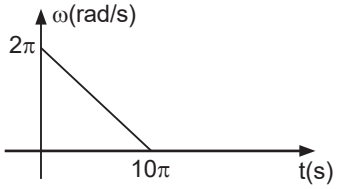
A polia A tem a forma de um cilindro no qual está enrolado um fio ideal e inextensível de comprimento L = 10π m em uma única camada, como mostra a figura 2.

Figura 2



Em um dado momento, a partir do repouso, o fio é puxado pela ponta P, por uma força $\vec{F}$ constante que imprime uma aceleração linear **a**, também constante, na periferia da polia A, até que o fio se solte por completo desta polia. A partir desse momento, a polia C gira até parar após **n** voltas, sob a ação de uma aceleração angular constante de tal forma que o gráfico da velocidade angular da polia D em função do tempo é apresentado na figura 3.

Figura 3



Nessas condições, o número total de voltas dadas pela polia A até parar e o módulo da aceleração **a**, em m/s², são, respectivamente,

a) 5n, π.
b) 5n, 5π.
c) 2(n – 1), 3π.
d) 5(n + 1), 5π.

040.960 – 158061/21

4. (AFA) Uma pessoa, brincando em uma roda-gigante, ao passar pelo ponto mais alto, arremessa uma pequena bola (Figura 1), de forma que esta descreve, em relação ao solo, a trajetória de um lançamento vertical para cima.

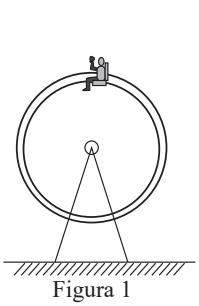


Figura 1

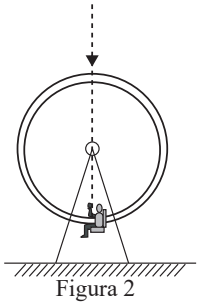


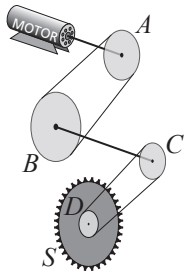
Figura 2

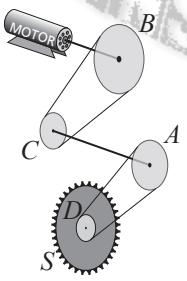
A velocidade de lançamento da bola na direção vertical tem o mesmo módulo da velocidade escalar (v) da roda-gigante, que executa um movimento circular uniforme. Despreze a resistência do ar, considere a aceleração da gravidade igual a g e $\pi = 3$. Se a pessoa consegue pegar a bola no ponto mais próximo do solo (Figura 2), o período de rotação da roda-gigante pode ser igual a

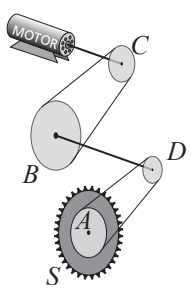
a) $\frac{v}{g}$
b) $\frac{10}{7}\frac{v}{g}$
c) $\frac{20}{3}\frac{v}{g}$
d) $12\frac{v}{g}$

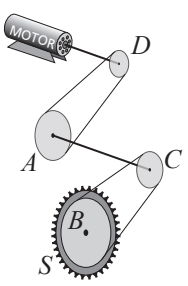
5. Dispõe de quatro polias ideais de raios $R_A = R$, $R_B = 3R$, $R_C = \frac{R}{2}$ e $R_D = \frac{R}{10}$ que podem ser combinadas e acopladas a um motor cuja frequência de funcionamento tem valor **f**.

As polias podem ser ligadas por correias ideais ou unidas por eixos rígidos e, nos acoplamentos, não ocorre deslizamento. Considere que a combinação dessas polias com o motor deve acionar uma serra circular (S) para que ela tenha uma frequência de rotação igual a 5/3 da frequência do motor. Sendo assim, marque a alternativa que representa essa combinação de polias.

a)


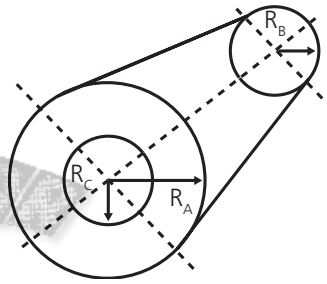
c)


b)


d)


6. (EFOMM) Seja um satélite geo-estacionário orbitando a Terra a 35000 km de distância e sabendo-se que o período de sua órbita é de 24 horas e o raio médio da Terra é de 6400 km, estime a velocidade tangencial do satélite, em km/h.
Dado: $\pi \cong 3{,}1$.
a) 10695.
b) 12437.
c) 13246.
d) 14638.
e) 15732.

7. Uma bomba centrífuga gira a 1800 rpm. A velocidade tangencial de um volume de fluído impelido pelo seu rotor, de raio igual a 12 cm, é em m/s de
a) 6,1π.
b) 7,2π.
c) 8,6π.
d) 9,3π.
e) 10,4π.

8.


Na figura anterior, temos um sistema de transmissão de movimento de um dos motores auxiliares de um navio, formado por três discos A, B e C. Os raios dos discos B e C são iguais e correspondem à metade do raio do disco A. Sabe-se que o disco A move-se solidariamente com o disco B através de uma correia, e que os discos A e C estão ligados ao mesmo eixo central.

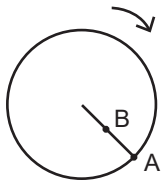
Analise as afirmativas a seguir.
I. A velocidade angular do disco C é metade do disco B;
II. A velocidade escalar de um ponto do perímetro do disco A é o dobro da velocidade escalar de um ponto do perímetro do disco C;
III. Os discos B e C têm a mesma velocidade escalar em pontos de seus perímetros;
IV. As frequências dos discos A e B são iguais.

Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.
a) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
b) As afirmativas II e I são verdadeiras.
c) As afirmativas III e IV são verdadeiras.
d) As afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
e) As afirmativas I e IV são verdadeiras.

9. Um satélite meteorológico envia para os computadores de bordo de um navio conteneiro informações sobre um tornado que se forma na rota desse navio a 54,0 milhões a boreste (direita). Segundo as informações, o tornado tem forma cônica de 252 m de altura e 84 m de raio. A velocidade angular é aproximadamente 45 rad/s. O módulo da velocidade vetorial de rotação do tornado, em km/h, em um posto situado a 3 m do plano de sua base, vale
a) 162.
b) 242.
c) 308.
d) 476.
e) 588.

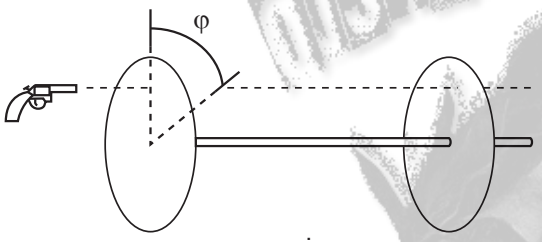
040.960 – 158061/21

10. Considere a polia girando em torno de seu eixo central, conforme a figura a seguir. A velocidade dos pontos A e B são, respectivamente, 60 cm/s e 0,3 m/s. A distância AB vale 10 cm. O diâmetro e a velocidade da polia, respectivamente, valem:



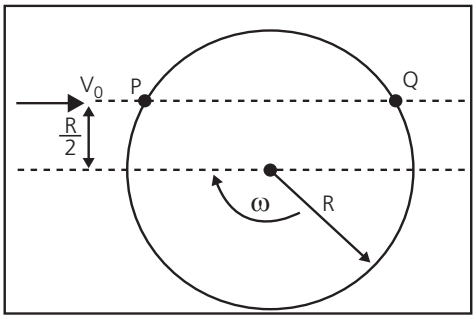
a) 10 cm e 1,0 rad/s
b) 20 cm e 1,5 rad/s
c) 40 cm e 3,0 rad/s
d) 50 cm e 0,5 rad/s
e) 60 cm e 2,0 rad/s

11. (UFCE) A figura a seguir mostra um arranjo para a medida experimental da velocidade de uma bala atirada por uma arma. Nele, os dois discos, paralelos, são solidários, separados por uma distância d = 1,75 m e giram com frequência comum de 400 rpm. A bala fura o primeiro disco e, após um certo tempo Δt, fura o segundo disco. Durante este intervalo de tempo os discos giram de um ângulo $\varphi = (\pi/3)$ rad. A partir destes dados, determine, em m/s, a velocidade da bala. Considere que a bola move-se em linha reta.



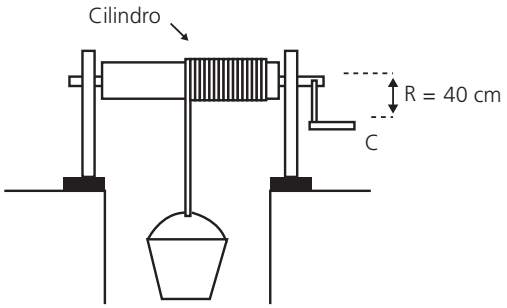
a) 70 m/s
b) 30 m/s
c) 40 m/s
d) 50 m/s
e) 35 m/s

12. (Vunesp-SP) Um disco horizontal de raio R = 0,50 m gira em torno de seu eixo com velocidade angular $\omega = 2\pi$ rad/s. Um projétil é lançado de fora no mesmo plano do disco e rasante a ele, sem tocá-lo, com velocidade $\mathbf{v_0}$, como mostra a figura a seguir, passando sobre o ponto P. O projétil sai do disco pelo ponto Q, no instante em que o ponto P está passando por aí pela primeira vez. Qual é a velocidade do projétil?



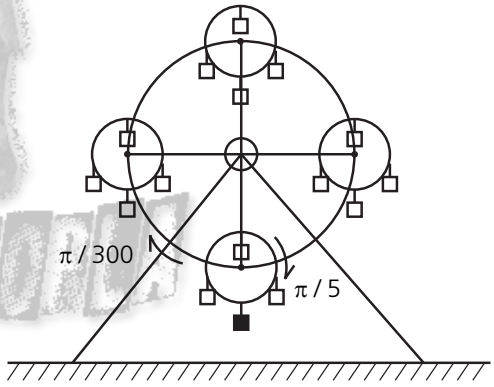
a) 1,5 m/s
b) 2,6 m/s
c) 3,0 m/s
d) 5,2 m/s
e) 6,28 m/s

13. Em um lugar onde não se dispõe de energia elétrica, é usado um sarilho para tirar água de um poço. Essa máquina consta de um cilindro de raio r = 15 cm, fixo num eixo que pode rodar apoiado em dois suportes. Uma das extremidades de uma corda é fixada no cilindro e a outra é amarrada num balde. À medida que o cilindro gira, acionado por uma manivela de cabo C, a corda enrola-se nele numa única camada e o balde sobe 9 m em 30 s, em movimento uniforme. Na operação descrita, calcule, em cm/s, a velocidade linear do cabo C.



a) 30 cm/s
b) 40 cm/s
c) 50 cm/s
d) 80 cm/s
e) 20 cm/s

14. A figura a seguir mostra um tipo de brinquedo de um parque de diversões. As rodas menores giram com uma velocidade angular de $\pi/5$ rad/s, independentemente da roda maior que gira a $\pi/300$ rad/s. Qual o número de voltas completas da roda pequena que terá dado o ocupante da cadeira hachurada, inicialmente no ponto mais baixo, quando o centro da roda pequena, na qual ele se encontra, atinge o ponto mais alto da roda maior? (Esse tipo de roda-gigante permite trocar os ocupantes de uma roda menor, enquanto os demais se divertem.)



a) 22 voltas
b) 30 voltas
c) 35 voltas
d) 17 voltas

15. A velocidade de um automóvel pode ser facilmente medida através de um dispositivo que registra o número de rotações efetuadas por uma de suas rodas, desde que se conheça seu diâmetro. Considere, por exemplo, um pneu cujo diâmetro é de 0,5 m. Se o pneu executa 480 rotações por minuto, qual a velocidade do automóvel, em unidades de π m/s?
a) 2 m/s
b) 5 m/s
c) 2,5 m/s
d) 4 m/s
e) 1 m/s

040.960 – 158061/21

16. Um ciclista percorre uma pista circular de raio r com velocidade escalar constante v = 2 π m/s. Sabendo-se que a frequência do movimento é 0,5 Hz, o raio da pista, em m, e igual a
a) 1,0.
b) 2,0.
c) 3,0.
d) 4,0.
e) 5,0.

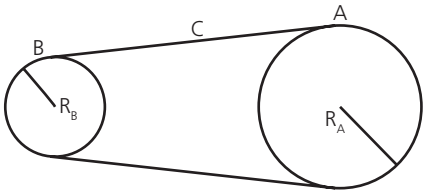
17. (Olimpíada de Portugal) Um satélite geostacionário encontra-se sempre por cima do mesmo ponto da superfície da Terra. Determine o módulo da velocidade com que esse satélite, que está à altitude de 36000 km, descreve a sua órbita.

O raio Terra é aproximadamente igual a 6400 km.
Adote π = 3.
a) $1,0 \cdot 10^3$ m/s
b) $2,0 \cdot 10^3$ m/s
c) $2,9 \cdot 10^3$ m/s
d) $4,0 \cdot 10^3$ m/s
e) $4,9 \cdot 10^3$ m/s

18. Em um relógio analógico comum, existem três ponteiros: o ponteiro das horas, o dos minutos e dos segundos. A ponta de cada um desses ponteiros descreve um movimento circular uniforme. Se a ponta do ponteiro dos segundos possui módulo da velocidade igual a 6,0 cm/s, qual é o valor que melhor representa o diâmetro da trajetória circular percorrida pela ponta deste ponteiro?
a) 0,57 m
b) 0,81 m
c) 1,2 m
d) 1,7 m
e) 2,1 m

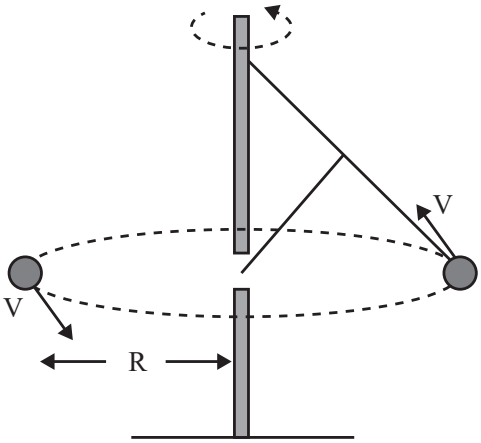
19. No ano de 1959, foi lançado ao espaço o satélite artificial Explorer VI, cuja órbita tinha raio de, aproximadamente, $2,8 \cdot 10^4$ km. Considerando-se o período de translação do satélite em torno da Terra, $5,0 \cdot 10^4$ s, e π^2 igual a 10, o módulo da aceleração centrípeta do satélite, em m/s², era de, aproximadamente,
a) 0,45.
b) 0,90.
c) 3,55.
d) 7,80.
e) 9,80.

20. (PUC-RS) O acoplamento de engrenagens por correia C, como o que é encontrado nas bicicletas, pode ser esquematicamente representado por:



Considerando-se que a correia em movimento não deslize em relação às rodas A e B, enquanto elas giram, é correto afirmar que
a) a velocidade angular das duas rodas é a mesma.
b) o módulo da aceleração centrípeta dos pontos periféricos de ambas as rodas tem o mesmo valor.
c) a frequência do movimento de cada polia é inversamente proporcional ao seu raio.
d) as duas rodas executam o mesmo número de voltas no mesmo intervalo de tempo.
e) o módulo da velocidade dos pontos periféricos das rodas é diferente do módulo da velocidade da correia.

21. (UEPA) O nascimento da automação industrial se deu em 1788 com o dispositivo mostrado na figura a seguir, conhecido como regulador de Watt, em homenagem ao seu inventor. Esse dispositivo era usado nas máquinas a vapor, para regular automaticamente a abertura de válvulas e assim controlar o fluxo de vapor em função da velocidade de rotação da máquina.



Se, na situação mostrada, as massas se movem em um plano horizontal, com velocidade linear constante em módulo, executando 120 rpm, então
a) ambas têm a mesma frequência de 0,5 Hz.
b) ambas possuem velocidades angulares diferentes.
c) o módulo da velocidade linear V não depende do raio da trajetória R.
d) suas acelerações não são nulas.
e) executam uma volta completa em 2,0 s.

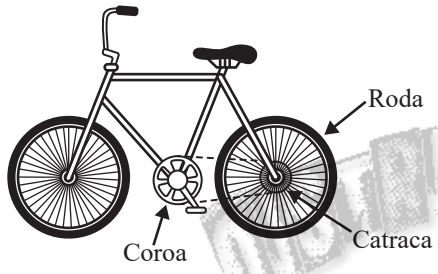
22. (Enem) O velocímetro do carro, embora esteja calibrado em km/h, na realidade, mede a velocidade angular ω da roda, e o hodômetro, embora calibrado em km, mede o número de voltas efetuadas pelo pneu. A velocidade do carro tem módulo v, dado por v = ωR, em que R é o raio da roda. Quando os pneus originais de raio R são trocados por outros de raio R' > R, para uma dada velocidade angular da roda, o velocímetro vai indicar um valor menor do que a velocidade real do carro, e o hodômetro, uma quilometragem menor do que a distância percorrida pelo carro.
Considere que R' = 1,05 R (5% maior)

Se o velocímetro do carro estiver indicando 80 km/h em uma região onde a velocidade máxima permitida é exatamente de 80 km/h, então
a) o carro não está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é inferior a 80 km/h.
b) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é de 82 km/h.
c) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é de 84 km/h.
d) o carro está com excesso de velocidade, pois sua velocidade real é mais que 5% maior que a indicada no velocímetro.
e) o carro está com excesso de velocidade, porém sua velocidade real está indeterminada.

040.960 – 158061/21

23. (Fuvest) Uma criança anda em um triciclo em que as duas rodas traseiras têm 20 cm de diâmetro (10 cm de raio) e a da frente, que dá uma volta completa em 1,0 s, tem 50 cm de diâmetro (25 cm de raio). O movimento é retilíneo e uniforme e as rodas não escorregam. Nessas condições, a velocidade linear do triciclo e o tempo para uma das rodas traseiras dar uma volta completa são bem mais aproximados, respectivamente, por
a) 0,5 m/s e 0,4 s.
b) 0,5 m/s e 1,0 s.
c) 1,6 m/s e 0,4 s.
d) 1,6 m/s e 1,0 s.
e) 1,6 m/s e 2,5 s.

24. (Fundação Carlos Chagas) Em uma bicicleta, o ciclista pedala na coroa e o movimento é transmitido à catraca pela corrente. A frequência de giro da catraca é igual à da roda. Supondo-se os diâmetros da coroa, catraca e roda iguais, respectivamente, a 15,0 cm, 5,0 cm e 60,0 cm, o módulo da velocidade dessa bicicleta, em m/s, quando o ciclista gira a coroa a 80 rpm, tem valor mais próximo de:
Dado: $\pi = 3,0$.



a) 5,0.
b) 7,2.
c) 9,0.
d) 11,0.
e) 15,0.

25. Considere um ponto E pertencente à linha do Equador e fixo na superfície terrestre.

Acompanhando a rotação da Terra, esse ponto E terá movimento circular e uniforme em torno do centro C da Terra com velocidade de módulo V_E e aceleração centrípeta de módulo a_E.

Um ponto P, fixo na superfície terrestre em uma latitude $\theta = 60º$, terá um movimento circular e uniforme, decorrente da rotação da Terra, com centro C' e raio **r** e com velocidade de módulo V_P a aceleração centrípeta de módulo a_P dadas por:

a) $V_P = V_E$ e $a_P = a_E$.
b) $V_P = V_E$ e $a_P = \frac{1}{2}a_E$.
c) $V_P = \frac{1}{2}V_E$ e $a_P = a_E$.
d) $V_P = \frac{1}{2}V_E$ e $a_P = \frac{1}{2}a_E$.
e) $V_P = \frac{1}{4}V_E$ e $a_P = \frac{1}{4}a_E$.

26. Duas partículas, A e B, percorrem uma mesma circunferência com movimentos uniformes e períodos respectivamente iguais T e nT, sendo **n** um número inteiro positivo.
No instante t = 0, as partículas ocupam uma mesmo posição P_0.
Sabendo-se que as partículas caminham no mesmo sentido, o valor de **n** para que as partículas só se encontrem na posição P_0
a) está indeterminado.
b) é 2.
c) é 3.
d) é 4
e) é 5.

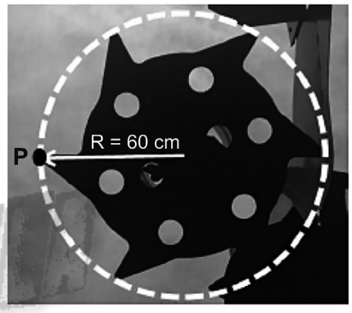
27. (Unifor) Uma das modalidades de corridas de automóveis muito populares nos Estados Unidos são as corridas de arrancadas, lá chamadas de *Dragsters Races*. Estes carros são construídos para percorrerem pequenas distâncias no menor tempo. Um das características destes carros é a diferença entre os diâmetros dos seus pneus dianteiros e traseiros. Considere um *Dragster* cujos pneus traseiros e dianteiros tenham respectivamente diâmetros de $d_1 = 1,00$ m e $d_2 = 50,00$ cm.

Para percorrer uma distância de 300,00 m, a razão (n_1/n_2), entre o número de voltas que os pneus traseiros e dianteiros, supondo que em nenhum momento haverá deslizamentos dos pneus com o solo, será:

Disponível em: http://www.bankspower.com.

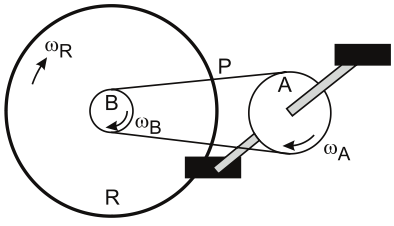
a) 150,00.
b) 50,00.
c) 25,00.
d) 2,00.
e) 0,50.

28. As máquinas cortadeiras e colheitadeiras de cana-de-açúcar podem substituir dezenas de trabalhadores rurais, o que pode alterar de forma significativa a relação de trabalho nas lavouras de cana-de-açúcar. A pá cortadeira da máquina ilustrada na figura a seguir gira em movimento circular uniforme a uma frequência de 300 rpm. A velocidade de um ponto extremo P da pá vale
Dado: $\pi \approx 3$.



a) 9 m/s
b) 15 m/s
c) 18 m/s
d) 60 m/s

29. A figura apresenta esquematicamente o sistema de transmissão de uma bicicleta convencional.



Na bicicleta, a coroa A conecta-se à catraca B através da correia P. Por sua vez, B é ligada à roda traseira R, girando com ela quando o ciclista está pedalando.

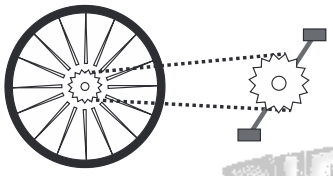
040.960 – 158061/21

Nesta situação, supondo que a bicicleta se move sem deslizar, as magnitudes das velocidades angulares, ω_A, ω_B e ω_R, são tais que

a) $\omega_A = \omega_B < \omega_R$
b) $\omega_A = \omega_B = \omega_R$
c) $\omega_A < \omega_B < \omega_R$
d) $\omega_A > \omega_B = \omega_R$
e) $\omega_A < \omega_B = \omega_R$

30. Um ciclista movimenta-se com sua bicicleta em linha reta a uma velocidade constante de 18 km/h. O pneu, devidamente montado na roda, possui diâmetro igual a 70 cm. No centro da roda traseira, presa ao eixo, há uma roda dentada de diâmetro 7,0 cm. Junto ao pedal e preso ao seu eixo há outra roda dentada de diâmetro 20 cm. As duas rodas dentadas estão unidas por uma corrente, conforme mostra a figura. Não há deslizamento entre a corrente e as rodas dentadas. Supondo que o ciclista imprima aos pedais um movimento circular uniforme, assinale a alternativa correta para o número de voltas por minuto que ele impõe aos pedais durante esse movimento. Nesta questão, considere $\pi = 3$.

a) 0,25 rpm.
b) 2,50 rpm.
c) 5,00 rpm.
d) 25,0 rpm.
e) 50,0 rpm.



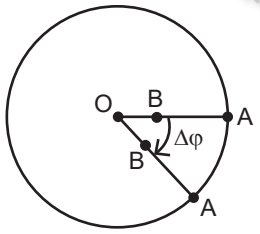
Gabarito

AULAS 6 E 7									
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
A	C	D	C	A	A	B	B	A	C
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
A	B	D	B	D	B	C	C	A	C
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
D	C	C	B	D	B	E	C	E	E

Resolução

1.

I.



Após um intervalo de tempo Δt

Observe que os pontos A e B possuem a mesma variação angular $\Delta\varphi$ para um mesmo intervalo de tempo Δt. Baseado nisso, concluímos que $\omega A = \omega B$.

II. $\omega A = \omega B \rightarrow \frac{VA}{RA} = \frac{VB}{RB} \rightarrow \begin{cases} RA = \overline{OA} = x + \overline{BA} \\ RB = \overline{OB} = x \end{cases}$

$RA = \overline{OA} = x + \overline{BA}$

$\overline{BA} = 40\ cm\ (Enunciado) \rightarrow \begin{cases} RA = x + 40\ cm \\ RB = x \end{cases}$

$\rightarrow \begin{cases} VA = V_1 = 50\ cm/s \\ VB = V_2 = 10\ cm/s \end{cases}$

$VA = V_1 = 50\ cm/s \rightarrow \frac{50\ cm/s}{x + 40\ cm} = \frac{10\ cm/s}{x} \rightarrow$

$50x = 10x + 400\ cm \rightarrow \boxed{x = 10\ cm}$

III. A velocidade angular da polia (ω) é igual a velocidade angular dos pontos A e B, pois a variação angular $\Delta\varphi$ para um mesmo intervalo de tempo Δt ocorre para toda a polia.

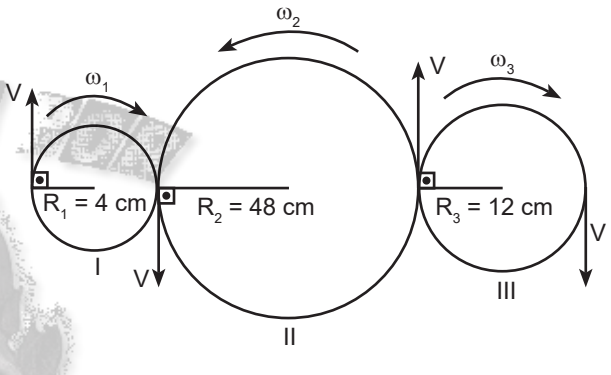
IV. $\omega = \omega A = \omega B \rightarrow \omega = \frac{VA}{RA} = \frac{50\ cm/s}{10\ cm + 40\ cm} =$

$\frac{50\ cm/s}{50\ cm} \rightarrow \boxed{\omega = 1\frac{rad}{s}}$

Resposta: A

2.

I. Suponha que a engrenagem III tenha uma velocidade linear de módulo V enquanto ela realiza o movimento de rotação uniforme. Observe que ela irá empurrar a engrenagem II com a velocidade V e, portanto, a engrenagem II irá desenvolver também uma velocidade linear de módulo V. Observe que o mesmo irá ocorrer entre as engrenagens II e I, logo, é possível concluir que a engrenagem I também irá desenvolver uma velocidade linear de módulo V. Baseado nisso, temos:



II. Como o módulo da velocidade linear V é o mesmo para as 3 engrenagens, temos que $V = \omega_1 R_1 = \omega_2 R_2 = \omega_3 R_3$.

III. O período é o menor intervalo de tempo para a engrenagem dar uma volta completa. Observe que, ao dar uma volta completa, a engrenagem rotaciona 360° graus, ou 2π radianos. Baseado nisso, podemos dizer que a velocidade angular (ω) da engrenagem é $\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$, em que T é o período. Observe que a frequência (f) de uma rotação é definida como $\boxed{f = \frac{1}{T}}$. Logo, $\boxed{\omega = 2\pi f}$.

IV. Baseado nos passos II e III, temos:

$\omega_1 R_1 = \omega_3 R_3 \rightarrow 2\pi fA \cdot 4\ cm = 5\pi \frac{rad}{s} \cdot 12\ cm \rightarrow$

$fA = \frac{12 \cdot 5}{2 \cdot 4} Hz \rightarrow \boxed{fA = 7{,}5\ Hz}$

Resposta: C

3.

I. As polias que estão acopladas pela correia irão possuir a mesma velocidade linear e a mesma aceleração linear. As polias coaxiais possuem a mesma velocidade angular e a mesma aceleração angular. Baseado nisso, temos o seguinte:

040.960 – 158061/21

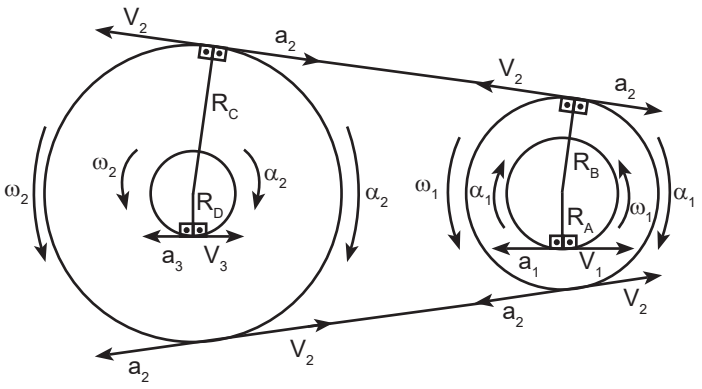


Ilustração das polias desacelerando após a saída do fio ideal

II. O número total de voltas que a polia A der equivale ao número total de voltas que ela dá quando é acelerada durante a saída do fio (n_1) mais o número de voltas que ela dá quando é acelerada após a saída do fio.

III. A polia A possui, na circunferência dela, um comprimento de $2\pi \cdot R_A$. O fio está enrolando totalmente na polia e possui um tamanho de 10π m. Portanto, para que o fio saia totalmente, é necessário que o número de voltas n_1 vezes o comprimento da circunferência da polia A seja igual ao comprimento do fio, logo:

$2\pi\, R_A \cdot 10\pi \rightarrow 2\cancel{\pi} \cdot (1\cancel{m}) \cdot n_1 = 10\cancel{\pi}\,\cancel{m} \rightarrow$

$2n_1 = 10 \rightarrow \boxed{n_1 = 5}$

IV. A polia C dá **n** voltas até parar e cada volta equivale a 2π radianos. Portanto, a polia C rotaciona um total de $2\pi \cdot n$ radianos até parar.

V. As polias param juntas. De acordo com o enunciado, as polias param após 10π segundos. A aceleração angular de C é constante, logo, $\alpha_2 = \dfrac{\Delta\theta C}{(\Delta t)^2} = \dfrac{2\pi n}{(10\pi)^2}$, ou seja $\boxed{\alpha_2 = \dfrac{n}{50\pi}\ \dfrac{rad}{s^2}}$.

VI. Baseado na figura do passo I:

$\alpha_2 = \dfrac{a_2}{A_C} \rightarrow \dfrac{n}{50\pi} = \dfrac{a_2}{10} \rightarrow \boxed{a_2 = \dfrac{n}{5\pi}\ \dfrac{m}{s^2}}$

VII. Para a polia A, temos:

- $a_2 = \alpha_1 R_B \rightarrow \dfrac{n}{5\pi} = \alpha_1 \cdot 2 \rightarrow \boxed{\alpha_1 = \dfrac{n}{10\pi}\ \dfrac{rad}{s^2}}$
- $\alpha_1 = \dfrac{\Delta\theta A}{(\Delta t)^2} \rightarrow \dfrac{n}{10\pi} = \dfrac{\Delta\theta A}{100\pi^2} \rightarrow \boxed{\Delta\theta A = 10\pi \cdot n\ rad}$
- A polia A dá n_2 voltas até parar e cada volta equivale a $2\pi \cdot n_2 = 10\pi \cdot n \rightarrow \boxed{n_2 = 5n}$.
- Número total de voltas que a polia A dá é $n_1 + n_2$, logo, o total é 5 + 5n, ou seja, o total é 5(n + 1) voltas.

VIII. De acordo com o gráfico fornecido pelo enunciado, a velocidade angular inicial da polia D após a saída do fio ideal é de 2π rad/s. Baseado nisso, podemos encontrar a velocidade angular inicial da polia A após a saída do fio ideal, logo:

- As polias C e D são coaxiais, portanto 2π rad/s também é velocidade angular da polia C, logo:
  $\omega_2 = 2\pi$ rad/s $= V_2 / R_C \rightarrow \omega_2 = 2\pi =$
  $V_2 / 10 \rightarrow \boxed{V_2 = 20\pi m/s}$
- Baseado na figura do passo I:
  $\omega_1 = V_2 / R_B \rightarrow \omega_1 = 2\pi / 2 \rightarrow \omega_1 = 10\pi$ rad/s
- ω_1 é a velocidade angular da polia A, ou seja, a polia A parte do repouso e é acelerada pelo fio até atingir ω_1. A aceleração linear provida pelo fio para a polia A é **a**, logo, baseando nisso, a aceleração angular provida pelo fio para a polia A é a/R_A. Utilizando a equação de Torricelli, temos:

$\omega_1^2 = \omega_{01}^2 + 2\left(\dfrac{a}{R_A}\right)\cdot\left(\dfrac{\Delta S_A}{R_A}\right) \rightarrow$

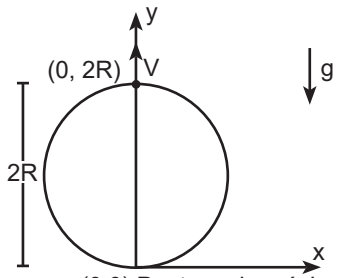
$(10\pi)^2 = (0)^2 + 2\left(\dfrac{a}{1}\right)\cdot\left(\dfrac{10\pi}{1}\right) \rightarrow$

$\boxed{a = 5\pi\ m/s}$

Resposta: D

4.

I. Adotando um sistema de eixos coordenados x0y, podemos escrever a função horária do espaço à bola. O enunciado garante que, em relação ao solo, a bola descreve um lançamento vertical para cima, logo:



(0,0) Ponto mais próximo do solo

$y = y_0 + V_0 yt + \dfrac{1}{2}at^2$

$y = 2R + Vt + \dfrac{1}{2}(-g)t^2$

$\boxed{y = 2R + Vt - \dfrac{1}{2}gt^2}$

II. Seja T o tempo necessário para a roda-gigante dar uma volta (2π rad), concluímos que a velocidade angular (ω) dela é

$\boxed{\omega = \dfrac{2\pi}{T}\cdot\dfrac{rad}{s}}$

III. A velocidade linear da roda-gigante possui módulo V, logo, temos que:

$\omega = \dfrac{V}{R} \rightarrow \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{V}{R} \rightarrow R = \dfrac{VT}{2\pi} \rightarrow \pi = 3 \rightarrow \boxed{R = \dfrac{VT}{6}}$

IV. A pessoa irá pegar a bola no ponto mais próximo do solo. Observe que, de acordo com a figura do enunciado, para isso ocorrer, a roda gigante deve dar meia-volta (π rad). Como ω é constante, o tempo de meia volta da roda gigante é $\dfrac{T}{2}$. Portanto, para a bola ser capturada pela pessoa, é necessário que o tempo de movimento dela seja $\dfrac{T}{2}$ para que ela chegue junto com a pessoa no ponto mais próximo do solo.

V. De acordo com os passos III e IV:

$y = 2R + Vt - \dfrac{1}{2}gt^2 \rightarrow 0 = 2\left(\dfrac{VT}{6}\right) + V\left(\dfrac{T}{2}\right) - \dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{T}{2}\right)^2$

$\rightarrow 0 = \dfrac{VT}{3} + \dfrac{VT}{2} - \dfrac{gT^2}{8} \rightarrow \dfrac{gT^2}{8} = \dfrac{5VT}{6} \rightarrow gT^{\cancel{2}} = \dfrac{40V\cancel{T}}{6}$

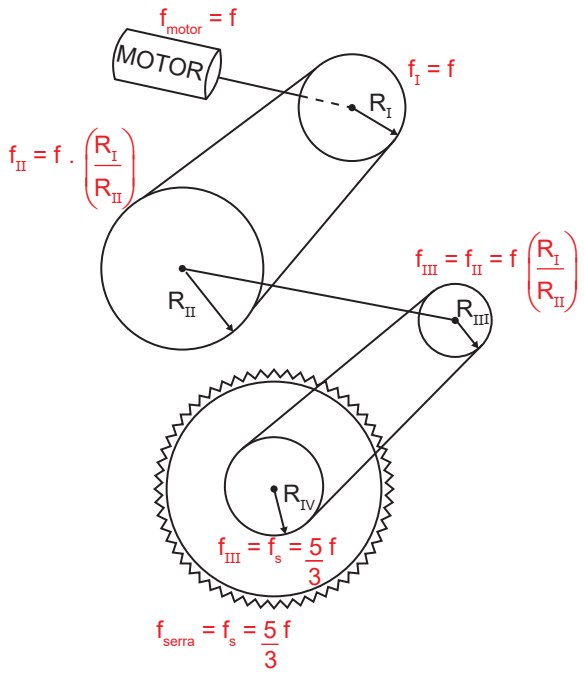
$\rightarrow \boxed{T = \dfrac{20}{3}\cdot\dfrac{V}{g}}$

Resposta: C

040.960 – 158061/21

5.

I. Lembrando que polias coaxiais possuem mesma frequência, pois $\omega = \omega'$ implica $2\pi f = 2\pi f'$, ou seja $f = f'$ e lembrando que polias acopladas por correias possuem mesmo módulo de velocidade linear, ou seja $V = V' \rightarrow \omega \cdot R = \omega' R' \rightarrow 2\pi f R = 2\pi f' R'$, logo temos que $f \cdot R = f' \cdot R'$. Baseado no que foi dito anteriormente e montando um sistema de quatro polias com raios R_I, R_{II}, R_{III} e R_{IV} mais o motor e a serra circular (S), temos que:



II. Baseado no acoplamento das polias III e IV, temos:

$$f_{III} \cdot R_{III} = f_{IV} \cdot R_{IV}$$

$$f\left(\frac{R_I}{R_{II}}\right) \cdot R_{III} = \frac{5}{3} f \cdot R_{IV}$$

$$\boxed{\frac{R_I \cdot R_{III}}{R_{II} \cdot R_{IV}} = \frac{5}{3}}$$

Ou seja, para que a serra possua uma frequência de $\frac{5}{3}f$, é necessário que os raios das polias obedeçam à relação anterior.

III. Observe que, utilizando os raios fornecidos pelo enunciado, para que a condição do passo II seja satisfeita, é necessário que:

$$\frac{R_A \cdot R_C}{R_B \cdot R_D} = \frac{R \cdot \left(\frac{R}{2}\right)}{3R \cdot \left(\frac{R}{10}\right)} = \frac{1 \cdot \frac{1}{2}}{3 \cdot \frac{1}{10}} = \frac{5}{3} \rightarrow$$

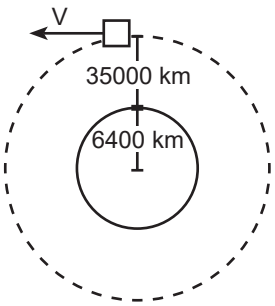
$$\frac{R_A \cdot R_C}{R_B \cdot R_D} = \frac{3}{5} \rightarrow \begin{cases} R_I = R_A \\ R_{II} = R_B \\ R_{III} = R_C \\ R_{IV} = R_D \end{cases}$$

IV. Analisando as alternativas, a única que satisfaz a condição dos passos II e III é a letra A.

Resposta: A

6.

I. De acordo com o enunciado:



II. Um satélite geoestacionário é um satélite que possui o mesmo período de rotação da Terra, ou seja, o período de rotação desse satélite é de 24 horas.

III. O satélite estaciona em torno do centro da Terra, baseado nisso e nos passos I e II, podemos calcular a velocidade tangencial do satélite, logo:

$$V = \omega R \rightarrow V = \frac{2\pi}{24h} \cdot (35000\ km + 6400\ km) \rightarrow$$

$$V = \frac{2\pi \cdot 41400\ km}{24h} \rightarrow V = \frac{2 \cdot 3{,}1 \cdot 41400\ km}{24h} \rightarrow$$

$$V = \frac{256680\ km}{24h} \rightarrow \boxed{V = 10695\ km/h}$$

Resposta: A

7.

I. Convertendo rpm para hertz:

$$f = \frac{1800\ \text{rotações}}{1\ \text{minuto}} = \frac{1800\ \text{rotações}}{60\ \text{segundos}} \rightarrow \boxed{f = 30\ Hz}$$

II. Convertendo o raio de centímetros para metros:

$$R = 12\ cm = 12 \cdot 10^{-2}\ m \rightarrow \boxed{R = 0{,}12\ m}$$

III. A velocidade tangencial (V):

$$V = \omega \cdot R \rightarrow V = (2\pi \cdot f) \cdot R \rightarrow V = 2\pi \cdot 30 \cdot 0{,}12$$

$$\rightarrow \boxed{V = 7{,}2\pi\ m/s}$$

Resposta: B

8. Baseado nas soluções dos exercícios de fixação 3 e 5, temos que $f_A = f_C$, $V_A = V_B$ e $f_A R_A = f_B R_B$.

De acordo com o enunciado, temos: $R_A = 2R$, $R_B = R$, $R_C = R$.

I. **Verdadeiro**.

- $f_A \cdot R_A = f_B R_B \rightarrow f_A = f_C \rightarrow f_C \cdot (2R) = f_B \cdot (R) \rightarrow \boxed{f_B = 2f_C}$
- $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega_B = 2\pi \cdot (2f_C);\ \omega_C = 2\pi \cdot f_C \rightarrow \omega_B = 2\omega_C$

II. **Verdadeiro**. $f_A = f_C \rightarrow 2\pi f_A = 2\pi f \rightarrow \omega_A = \omega_C \rightarrow$

$$\rightarrow \frac{V_A}{R_A} = \frac{V_C}{R_C} \rightarrow \frac{V_A}{2R} = \frac{V_C}{R} \rightarrow \boxed{V_A = 2V_C}$$

III. **Falso**. Baseado no item I, temos $f_B = 2f_C$, logo:

$$f_B = 2f_C \rightarrow 2\pi f_B = 2 \cdot 2\pi f_C \rightarrow \omega_B = 2\omega_C \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{V_B}{R_B} = 2\frac{V_C}{R_C} \rightarrow \frac{V_B}{R} = 2\frac{V_C}{R} \rightarrow \boxed{V_B = 2V_C}$$

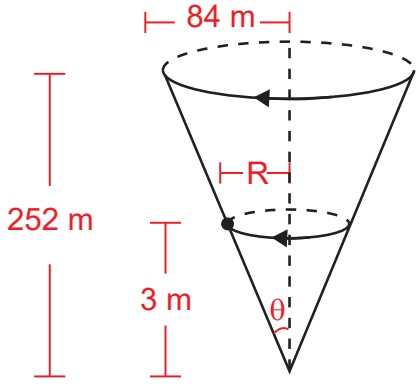
IV. **Falso**. $f_A R_A = f_B R_B \rightarrow f_A (2R) = f_B R \rightarrow \boxed{2f_A = f_B}$

Resposta: B

040.960 – 158061/21

9.

I. Baseado no enunciado, temos:



II. $tg\theta = \frac{R}{3} = \frac{84}{252} \rightarrow \boxed{R = 1\ m}$

III. A velocidade angular ω = 45 rad/s é constante por todo o tornado. Baseado nisso:

$V = \omega \cdot R \rightarrow V = 45\ \frac{rad}{s} \cdot 1\ m \rightarrow$

$\begin{cases} 1h = 3600\ s \\ x = 1\ s \end{cases} x = \frac{1}{3600} h \rightarrow \boxed{1\ m = 10^{-3}\ km}$

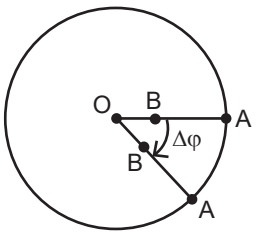
$\rightarrow V = \frac{45\ rad}{\frac{1}{3600} h} \cdot 10^{-3}\ km \rightarrow V = 45 \cdot 3600 \cdot 10^{-3}\ \frac{km}{h} \rightarrow$

$\rightarrow \boxed{V = 162\ \frac{km}{h}}$

Resposta: A

10.

I.



II. Baseado na solução do exercício de fixação 1:

$\omega_A = \omega_B \rightarrow \frac{V_A}{R_A} = \frac{V_B}{R_B} \rightarrow \frac{60\ cm/s}{\overline{OB} + 10\ cm} = \frac{0,3\ m/s}{\overline{OB}}$

$\rightarrow 0,3\ m/s = 30\ cm/s \rightarrow \frac{60\ cm/s}{\overline{OB} + 10\ cm} = \frac{30\ cm/s}{\overline{OB}}$

$\rightarrow 2\overline{OB} = \overline{OB} + 10\ cm \rightarrow \boxed{\overline{OB} = 10\ cm}$

III. Raio da polia = $\overline{OA} \rightarrow$ Raio da polia = $\overline{OB} + \overline{OA}$ = 10 cm + 10 cm → Raio da polia = 20 cm →
Diâmetro = 2 · Raio → $\boxed{\text{Diâmetro} = 40\ cm}$

IV. Velocidade angular da polia $(\omega_p) = \omega_A = \omega_B \rightarrow$

$\omega_p = \frac{60\ cm/s}{\overline{OB} + 10\ cm} \rightarrow \omega_p = \frac{60\ cm/s}{10\ cm + 10\ cm} \rightarrow$

$\omega_p = \frac{60\ \cancel{cm}/s}{20\ \cancel{cm}} \rightarrow \omega_p = 3\ \frac{rad}{s}$

Resposta: C

11.

I. Convertendo rpm para hertz:

$f = \frac{400\ \text{rotações}}{1\ \text{minuto}} = \frac{400\ \text{rotações}}{60\ \text{segundos}} \rightarrow \boxed{f = \frac{20}{3} Hz}$

II. Velocidade angular dos discos (ω): $\omega = 2\pi f \rightarrow \boxed{\omega = \frac{40\pi}{3} \cdot \frac{rad}{s}}$

III. Observe que, o Δt que a bala demora para furar o segundo disco, é o mesmo intervalo de tempo que os discos demoram para rotacionar $(\pi/3)$ rad. Baseado nisso, temos:

$\omega = \frac{40\pi}{3} = \frac{\frac{\pi}{3}}{\Delta t} \rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{1}{40} s}$

IV. A bala percorre 1,75 m no intervalo de tempo Δt, logo a velocidade dela é:

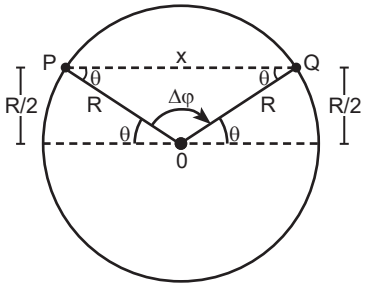
$\Delta S = V \cdot \Delta t \rightarrow 1,75\ m = V \cdot \left(\frac{1}{40}\right) \rightarrow$

$V = 1,75 \cdot 40 \rightarrow \boxed{V = 70\ m/s}$

Resposta: A

12.

I. De acordo com o enunciado, o projétil deve sair do ponto P e chegar no ponto Q seguindo a linha horizontal que une eles e, ao mesmo tempo, o disco deve rotacionar do ponto P até o ponto Q. Baseado nisso, temos o seguinte desenho.



II. Observe que:

- $sen\theta = \frac{(R12)}{R} \rightarrow sen\theta = \frac{1}{2} \rightarrow \boxed{\theta = 30°}$
- $2\theta + \Delta\varphi = 180° \rightarrow 2 \cdot 30° + \Delta\varphi = 180° \rightarrow$
  $\rightarrow 60° + \Delta\varphi = 180° \rightarrow \boxed{\Delta\varphi = 120°}$

III. Utilizando a lei dos senos no triângulo OPQ:

$\frac{x}{sen\Delta\varphi} = \frac{R}{sen\theta} \rightarrow \frac{x}{sen\ 120°} = \frac{R}{sen\ 30°} \rightarrow$

$\rightarrow x = \frac{R}{sen\ 30°} \cdot sen\ 120° = \frac{R}{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \boxed{x = R\sqrt{3}}$

IV. A velocidade angular do disco (ω) é 2π rad/s. Baseado nisso podemos encontrar o intervalo de tempo necessário para o disco retornar de P até Q.

- Convertendo graus para radianos: $\frac{\pi\ rad}{180°} = \frac{y}{120°} \rightarrow \boxed{y = \frac{2\pi}{3} rad}$
- **w** é constante, logo: $w = \frac{2\pi \cdot rad}{1\ s} = \frac{\frac{2\pi}{3}}{\Delta t} \rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{1\ s}{3}}$

V. Calculando a velocidade do projétil:

$\Delta S = V_0 \cdot \Delta t \rightarrow x = V_0 \cdot (1/3) \rightarrow R\sqrt{3} = V_0 (1/3) \rightarrow$

$\rightarrow R = 0,5\ m$ e $\sqrt{3} \approx 1,7, \rightarrow \boxed{V_0 \approx 2,6\ m/s}$

Resposta: B

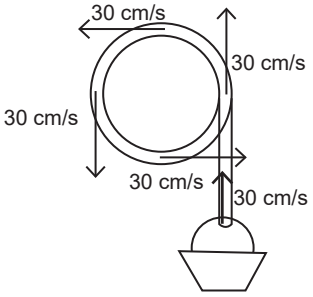
040.960 – 158061/21

13.

I. A velocidade de subida do balde é constante, pois o movimento é uniforme, logo:

$$V_{balde} = \frac{9\ m}{30\ s} = 0,3\frac{m}{s} \rightarrow 1\ m = 100\ cm \rightarrow \boxed{V_{balde} = \frac{30\ cm}{s}}$$

II. A velocidade linear do cilindro é igual a velocidade de subida do I_{balde}, portanto $v_{cilindro} = v_{balde}$, ou seja, $v_{cilindro} = 30$ cm/s.



III. Observe que, de acordo com a figura fornecida pelo enunciado da questão, o cilindro e a manivela de cabo C são coaxiais, logo $w_{cilindro} = w_c$. Baseado nisso, temos:

$$w_{cilindro} = w_c \rightarrow \frac{V_{cilindro}}{R_{cilindro}} = \frac{V_c}{R_C} \rightarrow \frac{30\ cm/s}{15\ cm} =$$
$$= V_c \rightarrow \boxed{V_c = 80\ cm/s}$$

Resposta: D

14.

I. Para a roda maior atingir o ponto mais alto, ela deve dar meia volta (π rad). O intervalo de tempo necessário para isso ocorrer é:

$$\omega_{maior} = \frac{\pi}{300}\frac{rad}{s} = \frac{\pi\ rad}{\Delta t} \rightarrow \boxed{\Delta t = 300\ segundos}$$

II. Durante o intervalo Δt, a roda menor rotaciona:

$$\Delta\ menor = \omega_{menor} \cdot \Delta t \rightarrow \Delta\varphi_{menor} = \frac{\pi}{5} \cdot \frac{rad}{s} \cdot 300\ s \rightarrow$$
$$\rightarrow \boxed{\Delta\varphi_{menor} = 60\pi\ radianos}$$

III. Uma volta completa é 2π radianos, portanto, o número (n) de voltas que a roda menor deu é o total de radianos que ela rotacionou dividido por 2π radianos, ou seja:

$$n = \frac{60\pi\ radianos}{2\pi\ radianos} \rightarrow \boxed{n = 30\ voltas}$$

Resposta: B

15.

I. Convertendo rpm para herts:

$$f = \frac{480\ rotações}{1\ minuto} = \frac{480\ rotações}{60\ segundos} \rightarrow \boxed{f = 8\ Hz}$$

II. O raio do pneu é metade do diâmetro, portanto $\boxed{R = 0,25\ m}$

III. Velocidade do automóvel:

$$v = \omega \cdot R \rightarrow \omega = 2\pi f \rightarrow v = (2\pi f) \cdot R \rightarrow v = 2\pi \cdot 8 \cdot 0,25 \rightarrow$$
$$\rightarrow \boxed{v = 4\pi\ m/s}$$

Resposta: D

16. Em um movimento circular uniforme, temos que:

$$\begin{cases} v = \omega \cdot r > v = (2\pi f) \cdot r \rightarrow \cancel{2\pi} = \cancel{2\pi} \cdot 0,5 \cdot r \rightarrow 1 = 0,5 \cdot r \rightarrow \boxed{r = 2m} \\ \omega = 2\pi f \end{cases}$$

Resposta: B

17.

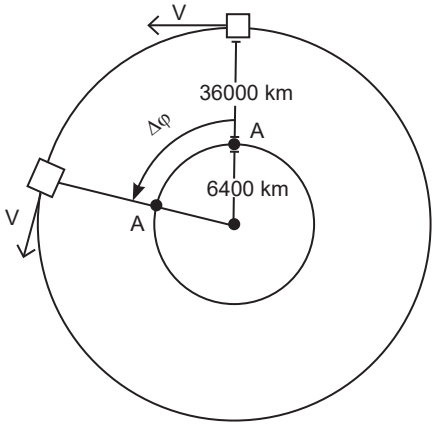
I. Para que o satélite fique sempre por cima do mesmo ponto na superfície da Terra é necessário que ele se mova junto com esse ponto, ou seja, para que isso ocorra, o satélite e a Terra devem possuir a mesma velocidade angular (definição de geoestacionário).

II. Convertendo hora para segundo:

$$\begin{cases} 1\ hora = 3600\ s \\ 24\ horas = x \end{cases} \rightarrow \boxed{x = 86400\ s}$$
Período de rotação da Terra

III. Em 86400 segundos, a Terra dá uma volta completa (2π radianos). Portanto, baseado nisso, podemos calcular a velocidade angular dela, ou seja, $\boxed{\omega_{Terra} = \frac{2\pi}{86400\ s} \cdot \frac{rad}{s}}$

IV. Baseado no que foi dito no passo (I) e feito no passo (II), podemos encontrar a velocidade com que esse satélite descreve a órbita dele



$$V = w_{satélite} \cdot R_{satélite} \rightarrow w_{satélite} = w_{Terra}$$
$$\rightarrow V = \left(\frac{2\pi}{86400}\right) \cdot (42400\ km) \rightarrow 1\ km = 10^3\ m$$
$$\rightarrow V = \frac{2 \cdot 3 \cdot 42400}{86400} \cdot 10^3 \frac{m}{s} \rightarrow \boxed{V = 2,9 \cdot 10^3\ m/s}$$

Resposta: C

18.

I. Para dar uma volta completa em torno do relógio, o ponteiro dos minutos necessita de 1 minuto, ou seja, 60 segundos.

II. O espaço total percorrido pelo ponteiro dos minutos, em 60 segundos, equivale ao comprimento total da circunferência do relógio, pois o ponteiro dos minutos deu volta completa nesse tempo, logo:

$$\Delta S = V \cdot \Delta t \rightarrow \Delta S = \frac{6\ cm}{s} \cdot 60\ s \rightarrow \Delta S = 360\ cm \rightarrow$$
$$\rightarrow 1\ cm = 10^{-2} m \rightarrow \boxed{\Delta S = 3,6\ m}$$ Comprimento da circunferência

III. O comprimento total de uma circunferência é $2\pi \cdot$ Raio, porém, o diâmetro de uma circunferência é o dobro do raio dela. Portanto, o comprimento total de uma circunferência pode ser escrito com $\pi \cdot$ diâmetro. Baseado nisso, temos:

$$\Delta S = \pi \cdot Diâmetro = 3,6\ m \rightarrow \pi = 3 \rightarrow 3 \cdot Diâmetro = 3,6\ m \rightarrow$$
$$\rightarrow \boxed{Diâmetro = 1,2\ m}$$

Resposta: C

040.960 – 158061/21

19.

I. De acordo com a teoria apresentada nesse módulo de estudos, o valor da aceleração centrípeta (a_{cp}) que é sentida por um corpo é dada por $a_{cp} = w^2R$.

II. Utilizando o valor do período que foi fornecido pelo enunciado, podemos calcular o valor da velocidade angular do corpo, logo $\boxed{w = \frac{2\pi}{5\cdot10^4}\cdot\frac{rad}{s}}$.

III. Com os dados fornecidos pelo enunciado e com o valor de **w**, podemos calcular o valor da a_{cp}, logo:

$$a_{cp} = \omega^2\cdot R \rightarrow a_{cp} = \left(\frac{2\pi}{5\cdot10^4}\right)^2\cdot 2{,}8\cdot10^4\,\frac{km}{s^2} \rightarrow 1km = 10^3\,m \rightarrow$$

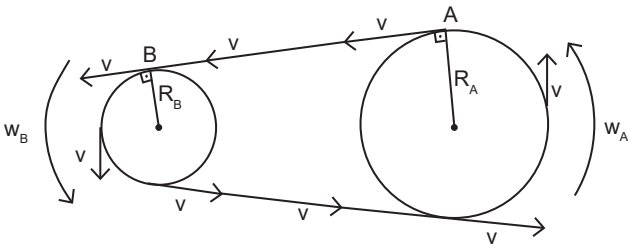
$$\rightarrow a_{cp} = \frac{4\pi^2}{25\cdot10^8}\cdot 2{,}8\cdot10^4\cdot\frac{10^3\ m}{s^2} \rightarrow \pi^2 = 10 \rightarrow$$

$$\rightarrow a_{cp} = \frac{4\cdot10\cdot2{,}8\cdot10^7\,m}{25\cdot10^8\ s} = \frac{11{,}2\cdot10^8}{25\cdot10^8}\cdot\frac{m}{s} \rightarrow \boxed{a_{cp} = 0{,}45\,\frac{m}{s^2}}$$

Resposta: A

20.

I. As engrenagens estão acopladas por meio de uma correia, portanto elas possuem a mesma velocidade linear. Baseado nisso, temos o seguinte desenho:



A) **Falso**. Pois $\omega_A = \frac{V}{R_A}$ e $\omega_B = \frac{V}{R_B}$ e $R_A > R_B$.

Portanto $\omega_A < \omega_B$.

B) **Falso.** Pois a aceleração centrípeta (a_{cp}) é igual a w^2R e $\omega = \frac{V}{R}$. Portanto $a_{cp} = \left(\frac{V}{R}\right)^2\cdot R \rightarrow \boxed{a_{cp} = \frac{V^2}{R}}$.

Logo, para as engrenagens A e B, temos que $a_{cpA} = \frac{V^2}{R_A}$ e $a_{cpB} = \frac{V^2}{R}$ e $R_A > R_B$, ou seja, $acp_A < acp_B$.

C) **Verdadeiro**. Observe que $V_A = V_B = V$ e que $V_A = \omega_a\cdot R_A$ e $V_B = \omega_B\cdot R_B$.

Logo: $\begin{cases} v = \omega_A\cdot R_A = 2\pi f_A\cdot R_A \rightarrow \boxed{f_A = \frac{V}{2\pi R_A}} \\ v = \omega_B\cdot R_B = 2\pi f_B\cdot R_B \rightarrow \boxed{f_B = \frac{V}{2\pi R_B}} \end{cases}$

Observe também que $\frac{V}{2\pi}$ é constante. Portanto, é possível concluir que a frequência de cada polia é incessantemente proporcional ao raio delas.

D) **Falso**. Foi provocado no item (A) que $\omega_A < \omega_B$. Portanto, para um mesmo intervalo de tempo, a engrenagem B rotaciona mais que a engrenagem A, ou seja, a engrenagem B consegue dar mais voltas que a engfenagem A.

E) **Falso**. Polias acopladas por correias possuem o mesmo módulo da velocidade dela.

Resposta: C

21.

A) **Falso**. De acordo com o enunciado, a frequência de movimento das massas é 120 rpm. Convertendo esse valor para hertz, encontramos que:

$$f = 120\ rpm = \frac{120\ rotações}{1\ minuto} = \frac{120\ rotações}{60\ segundos} \rightarrow \boxed{f = 2\ hz}$$

B) **Falso**. De acordo com o enunciado, ambas as massas possuem o mesmo módulo da velocidade linear (V) e seguem uma trajetória circular de raio R. O valor da velocidade angular é ontido por $V = \omega\cdot R$. Como V e R são os mesmos para ambas as massas, concluímos que ambas possuem velocidades angulares iguais.

C) **Falso**. Observe que $V = \omega\cdot R$. Portanto, o módulo da velocidade linear V depende do raio da trajetória.

D) **Verdadeiro**. Embora o módulo da velocidade linear **v** seja constante, o vetor velocidade não é, pois, para que seja possível ocorrer o movimento circular, o vector velocidade deve mudar de direção e sentido todos os instantes para que a massa consiga seguir a trajetória circular. A mudança na direção e sentido do vetor velocidade V é possível graças à aceleração centrípeta, portanto, devido à aceleração centrípeta, as acelerações de ambas as massas não são nulas.

E) **Falso**. De acordo com o item (A), a frequência do movimento é 2 Hz, partindo desse resultado, podemos obter o período desse movimento, pois $f = \frac{1}{T}$, ou seja, T = 0,5 s. Com esse resultado, concluímos que as massas executam uma volta completa em 0,5 s.

Resposta: D

22.

I. De acordo com o enunciado, para R' > R, o velocímetro irá indicar um valor menor de que a velocidade real do carro, ou seja, $V_{carro} > V_{velocímetro}$. Baseado nisso, concluímos que o item A está errado.

II. Se o velocímetro está indicando 80 km/h, é porque ele calculou que o valor de $\omega\cdot R$ é 80 km/h. Porém, devido à troca de pneu, a velocidade real do carro é $\omega R'$ ou $\omega R\,(1{,}05)$, ou seja, $\boxed{V_{carro} = 80\,\frac{km}{h}(1{,}05)}$.

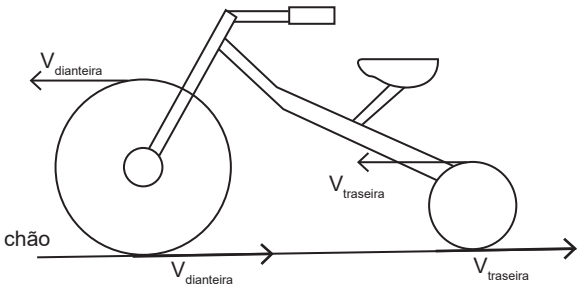
III. Baseado no valor obtido no passo (II), concluímos que o item D está errado, pois a velocidade do carro é exatamente 5% maior do que a indicada no velocímetro e não mais do que 5% maior. Além disso, o item E está errado, pois, com os dados fornecidos no enunciado, é possível calcular a velocidade real do carro.

IV. De acordo com o passo (II): $V_{carro} = 80\,\frac{km}{h}(1{,}05) \rightarrow \boxed{V_{carro} = \frac{84\ km}{h}}$.

Resposta: C

23.

I. Vamos observar o movimento do triciclo:



040.960 – 158061/21

Observe que as rodas do triciclo estão acopladas e que o chão exerce o papel de correia. Portanto, baseado nisso, podemos concluir que: $\boxed{V_{dianteira} = V_{traseira}}$

II. Utilizando os dados fornecidos pela questão, podemos calcular o valor de $V_{dianteira}$, logo:

- $w_{dianteira} = \dfrac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ s}}$, pois uma volta equivale a 2π radianos
- $V_{dianteira} = w_{dianteira}: R_{dianteira} \rightarrow V_{dianteira} = \left(\dfrac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ s}}\right) \cdot 25 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ c}$
  $\rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
- $v_{dianteira} = \left(\dfrac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ s}}\right) \cdot 25 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \pi \approx 3{,}14 \rightarrow$
  $\rightarrow \boxed{V_{dianteira} \approx 1{,}6 \text{ m/s}}$

III. $V_{dianteira} = V_{traseira} \rightarrow V_{traseira} = w_{traseira} \cdot R_{traseira} = 1{,}6 \text{ m/s} \rightarrow$
$\rightarrow w_{traseira} \cdot 10 \text{ cm} = 1{,}6 \text{ m/s} \rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \rightarrow w_{traseira} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 1{,}6 \text{ m/s} \rightarrow \boxed{w_{traseira} = 16 \text{ rad/s}}$

IV. Em uma volta completa, a roda traseira rotaciona 2π radianos, logo:
$w_{traseira} = \dfrac{2\pi \text{ rad}}{\Delta t} = \dfrac{16 \text{ rad}}{1 \text{ s}} \rightarrow \pi \approx 3{,}14 \rightarrow \dfrac{2 \cdot 3{,}14}{\Delta t} = 16 \rightarrow \boxed{\Delta t \approx 0{,}4 \text{ s}}$

Obs.: $\pi \approx 3{,}14$ foi usado na solução dessa questão para obtermos os resultados com a maior precisão possível. Na hora da prova, utilize $\pi \approx 3$ para uma maior velocidade na hora das contas.

Resposta: C

24.

I. Observe que, de acordo com a figura fornecida pelo enunciado, a coroa e a catraca estão acopladas por meio de uma corrente (ela exerce o papel de correia), logo a velocidade linear da coroa (V_{coroa}) é igual a velocidade linear da catraca ($V_{catraca}$). Observe também que a catraca e a roda são coaxiais, logo a velocidade angular da catraca ($w_{catraca}$) é igual a velocidade angular da roda (w_{roda}).

II. Convertendo a frequência da coroa de rpm para hertz:

$$f = 80 \text{ rpm} = \frac{80 \text{ rotações}}{1 \text{ minuto}} = \frac{80 \text{ rotações}}{60 \text{ segundos}} \rightarrow \boxed{f = \frac{4}{3} \text{ Hz}}$$

III. Calculando w_{coroa}: $w_{coroa} = 2\pi f \rightarrow w_{coroa} = 2\pi \cdot \dfrac{4}{3} \rightarrow \boxed{w_{coroa} = \dfrac{8\pi}{3} \cdot \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}}$

IV. Calculando V_{coroa}: $V_{coroa} = w_{coroa} \cdot R_{coroa} \rightarrow V_{coroa} =$
$= \left(\dfrac{8\pi}{3} \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}\right) \cdot \left(\dfrac{15}{2} \text{cm}\right) \rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$

$\rightarrow V_{coroa} = \left(\dfrac{8\pi}{3} \text{rad}\right) \cdot \left(\dfrac{15}{2} \cdot 10^{-2} \text{ m}\right) \rightarrow \boxed{v_{voroa} = 0{,}2\pi \text{ m/s}}$

V. Calculando $w_{catraca}$: Vcoroa = Vcatraca $\rightarrow$ 0,2p m/s = wcatraca $\cdot R_{catraca} = w_{catraca} \cdot \left(\dfrac{5}{2} \text{cm}\right)$.
$\rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \rightarrow 0{,}2\pi \text{ m/s} = w_{catraca} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow$
$\rightarrow \boxed{w_{catraca} = 8\pi \text{ rad/s}}$

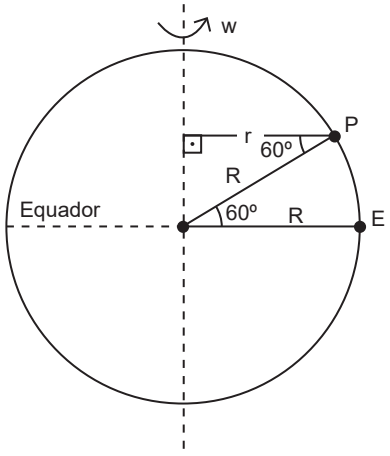
VI. Calculando V_{roda}: $w_{catraca} = w_{roda} \rightarrow V_{roda} = w_{roda} \cdot R_{roda} =$
$= \left(8\pi \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}\right) \cdot \left(\dfrac{60}{2} \text{cm}\right) \rightarrow 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \rightarrow V_{roda} = \left(8\pi \dfrac{\text{rad}}{\text{s}}\right) \cdot$
$30 \cdot 10^{-2} \text{ m} \rightarrow \pi = 3 \rightarrow \boxed{V_{roda} = 7{,}2 \text{ m/s}}$

VII. A velocidade da bicicleta é igual a velocidade da roda, portanto $\boxed{V_{bicicleta} = 7{,}2 \text{ m/s}}$.

Resposta: B

25.

I. De acordo com o enunciado da questão, temos o seguinte desenho:



II. Para o ponto E: $\begin{cases} V_E = wR \\ a_E = \dfrac{V_E^2}{R} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_E = wR \\ a_E = \dfrac{(wR)^2}{R} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_E = wR \\ a_E = w^2R \end{cases}$

III. Para o ponto P: $\begin{cases} V_p = wr \\ ap = \dfrac{V_p^2}{r} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_p = wr \\ ap = \dfrac{(wr)^2}{r} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_p = wr \\ ap = w^2r \end{cases} \rightarrow$
$\rightarrow r = R\cos 60^\circ \rightarrow \cos 60^\circ = \dfrac{1}{2} \rightarrow$
$\rightarrow \begin{cases} V_p = w \cdot \left(\dfrac{R}{2}\right) \\ ap = w^2\left(\dfrac{R}{2}\right) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_p = \dfrac{wR}{2} \\ ap = \dfrac{w^2R}{2} \end{cases}$

IV. Substituindo os valores encontrados no passo (i) no passo (ii), temos: $\begin{cases} V_p = \dfrac{V_E}{2} \\ ap = \dfrac{a_E}{2} \end{cases}$

Resposta: D

26.

I. Utilizando os períodos fornecidos pelo enunciado da questão podemos calcular os valores das velocidades angulares das partículas A e B, logo:

$$\boxed{w_A = \frac{2\pi}{T}}; \boxed{w_B = \frac{2\pi}{nT}}$$

II. utilizando os valores das velocidades angulares, podemos calcular os valores das velocidades lineares das partículas A e B, logo:

- $V_A = w_A \cdot R_A \rightarrow \boxed{V_A = \dfrac{2\pi R_A}{T}}; V_B = w_B \cdot R_B \rightarrow \boxed{V_B = \dfrac{2\pi R_B}{nT}}$

III. As partículas A e B percorrem uma mesma circunferência, logo $R_A = R_B = R$

IV. **n** é um número inteiro positivo, logo n = 1, 2, 3, ... observe que, se n = 1, as velocidades das partículas serão iguais e como elas partem da mesma posição P_0, implica que elas andaram juntas por todo o trajeto, ou seja, é como se elas se encontrassem em todas as posições possíveis e não apenas e, P_0, logo, para satisfazer a condição do enunciado, n = 2, 3, 4, ...

V. Baseado no passo (IV), concluímos que $_{nT} > T$, logo $V_A > V_B$.

040.960 – 158061/21

VI. Observe que, se adotarmos o referencial da partícula B no instante t = 0, ela permanecerá na posição P_0 enquanto que a partícula A percorrerá a circunferência com uma velocidade de valor igual a $V_{A,B} = \frac{2\pi R}{T}\left(1-\frac{1}{h}\right)$ em relação a partícula B.

VII. No referencial normal, a partícula B voltaria para a posição P_0 após um tempo nT. Logo, no referencial dela, a partícula A tem que retornar para P_0 e um tempo nT. Logo, temos que:

Para retornar para P_0, A deve dar uma volta

$$V_{A,B} \cdot nT = (2\pi R) \rightarrow \frac{2\pi R\,(n-1)}{nT} \cdot nT = 2\pi R \rightarrow \boxed{n = 2}$$

Resposta: B

27.

I. Com os dados fornecidos pela questão, podemos calcular o comprimento da circunferência de cada pneu. Portanto, temos que:

- **Pneu 1**: $C_1 = 2\pi R_1 \rightarrow C_1 = 2\pi\left(\frac{1}{2}\,m\right) \rightarrow \boxed{C_1 = \pi m}$
- **Pneu 2**: $C_2 = 2\pi R2 \rightarrow C_2 = 2\pi\left(\frac{50}{2}\right) \rightarrow 1\ cm = 10^{-2}\ m \rightarrow$

  $C_2 = 2\pi \cdot 25 \cdot 10^{-2}\ m \rightarrow \boxed{C_2 = 0{,}5\pi\ m}$

II. O comprimento da circunferência de cada pneu corresponde a quantos metros ele deve andar para dar uma volta. Portanto, para saber quantas voltas cada pneu deu para percorrer uma distância de 300 m, basta saber quantos comprimentos de circunferência cabem nessa distância, logo:

- **Pneu 1**: $n_1 = \frac{300\ m}{C_1} = \frac{300\ \cancel{m}}{\pi\ \cancel{m}} \rightarrow \boxed{n_1 = \frac{300}{\pi}}$
- **Pneu 2**: $n_2 = \frac{300\ m}{C_2} = \frac{300\ \cancel{m}}{0{,}5\pi\ \cancel{m}} \rightarrow \boxed{n_2 = \frac{300}{0{,}5\pi}}$

III. Razão (n_1/n_2): $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{\cancel{300}}{\cancel{\pi}}}{\frac{\cancel{300}}{0{,}5\cancel{\pi}}} \rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{0{,}5} \rightarrow \boxed{\frac{n_1}{n_2} = 0{,}50}$

Resposta: E

28.

I. Convertendo rpm para hertz:

$$f = \frac{300\ \text{rotações}}{1\ \text{minuto}} = \frac{300\ \text{rotações}}{60\ \text{segundos}} \rightarrow \boxed{f = 5\ Hz}$$

II. Calculando a velocidade angular da ppá cortadeira:

$$w = 3\pi f \rightarrow w = 2\pi \cdot (5\ Hz) \rightarrow \boxed{w = 10\pi\,\frac{rad}{s}}$$

III. Convertendo cm para m: R = 60 cm → 1 cm = 10^{-2} → → $\boxed{R = 0{,}6\ m}$

IV. Calculando a velocidade do ponto P:

$$v = aR \rightarrow V = \left(10\pi\,\frac{rad}{s}\right)(0{,}6m) \rightarrow V = 6\pi\,\frac{m}{s} \rightarrow \pi \approx 3 \rightarrow \boxed{V = 18\,\frac{m}{s}}$$

Resposta: C

29.

I. A coroa A e a catraca B estão acopladas por meio da correia P, logo $V_A = V_B$.

II. $V_A = V_B \rightarrow w_A \cdot R_A = w_B \cdot R_B \rightarrow R_A > R_B$ (enunciado) → $\boxed{w_B > w_A}$

III. A catraca B e a roda traseira R são coaxiais. Portanto, $\boxed{w_B > w_R}$

IV. Analisando os passos (II) e (III), concluímos que $\boxed{w_B < w_A = w_R}$

Resposta: E

30.

I. Convertendo km/h para m/s:

$$V_{pneu} = 18\,\frac{km}{h} = \frac{18}{3{,}6}\,\frac{m}{s} \rightarrow \boxed{V_{pneu} = 5\ m/s}$$

II. O pneu e a roda dentada de diâmetro 7,0 cm são coaxiais, logo $w_{pneu} = w_{RD7}$. baseado nisso, temos:

$$w_{pneu} = w_{RD7} \rightarrow \frac{V_{pneu}}{R_{pneu}} = \frac{V_{RD7}}{R_{RD7}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{5\ m/s}{\left(\frac{70}{2}\,\cancel{cm}\right)} = \frac{V_{RD7}}{\left(\frac{7}{2}\,\cancel{cm}\right)} \rightarrow \boxed{V_{RD7} = 0{,}5\ m/s}$$

III. A roda dentada de diâmetro 7,0 cm e a roda dentada de diâmetro 20 cm estão acopladas por meio de uma corrente (ela exerce o papel de correia). logo $V_{RD7} = V_{RD20}$. Baseado nisso, temos:

$$V_{RD7} = V_{RD} \rightarrow 0{,}5\ m/s = w_{RD20} \cdot \left(\frac{20}{2}\,cm\right) \rightarrow 1\ cm = 10^{-2} m \rightarrow$$

$$0{,}5\ m/s - w_{RD20} \cdot 10 \cdot 10^{-2} m \rightarrow \boxed{w_{RD20} = s\ rad/s}$$

IV. A roda dentada de diâmetro 20 cm e os pedais são coaxiais, logo $w_{RD20} = w_{pedal}$. Baseado nisso, temos:

$$w_{pedal} = w_{RD20} \rightarrow w_{pedal} = 5\ rad/s \rightarrow 2\pi_{fpedal} = 5\ rad/s \rightarrow \boxed{f_{pedal} = \frac{5}{2\pi}\,Hz}$$

V. Convertendo Hz para rpm:

- $\frac{5}{2\pi}$ Hz equivale a $\frac{5}{2\pi}$ voltas em 1 segundo
- 1 minuto = 60 segundos
- $\frac{\frac{5}{2\pi}\ voltas}{1s} = \frac{x}{60\ s} \rightarrow \frac{5}{2\pi} \cdot 60\ voltas \rightarrow \pi = 3 \rightarrow$

  $\rightarrow x = \frac{5 \cdot 60}{2 \cdot 3}\ voltas \rightarrow \boxed{x = 50\ voltas}$
- Em 1 minuto, o pedal faz 50 voltas, logo a frequência dele, em rpm, é $\boxed{f = 50\ rpm}$

Resposta: E

Digitação: Sofia – **Revisão**: Alexandre

040.960 – 158061/21